

# Ricerca polare svizzera

Spirito pioneristico, passione  
e risultati di punta



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

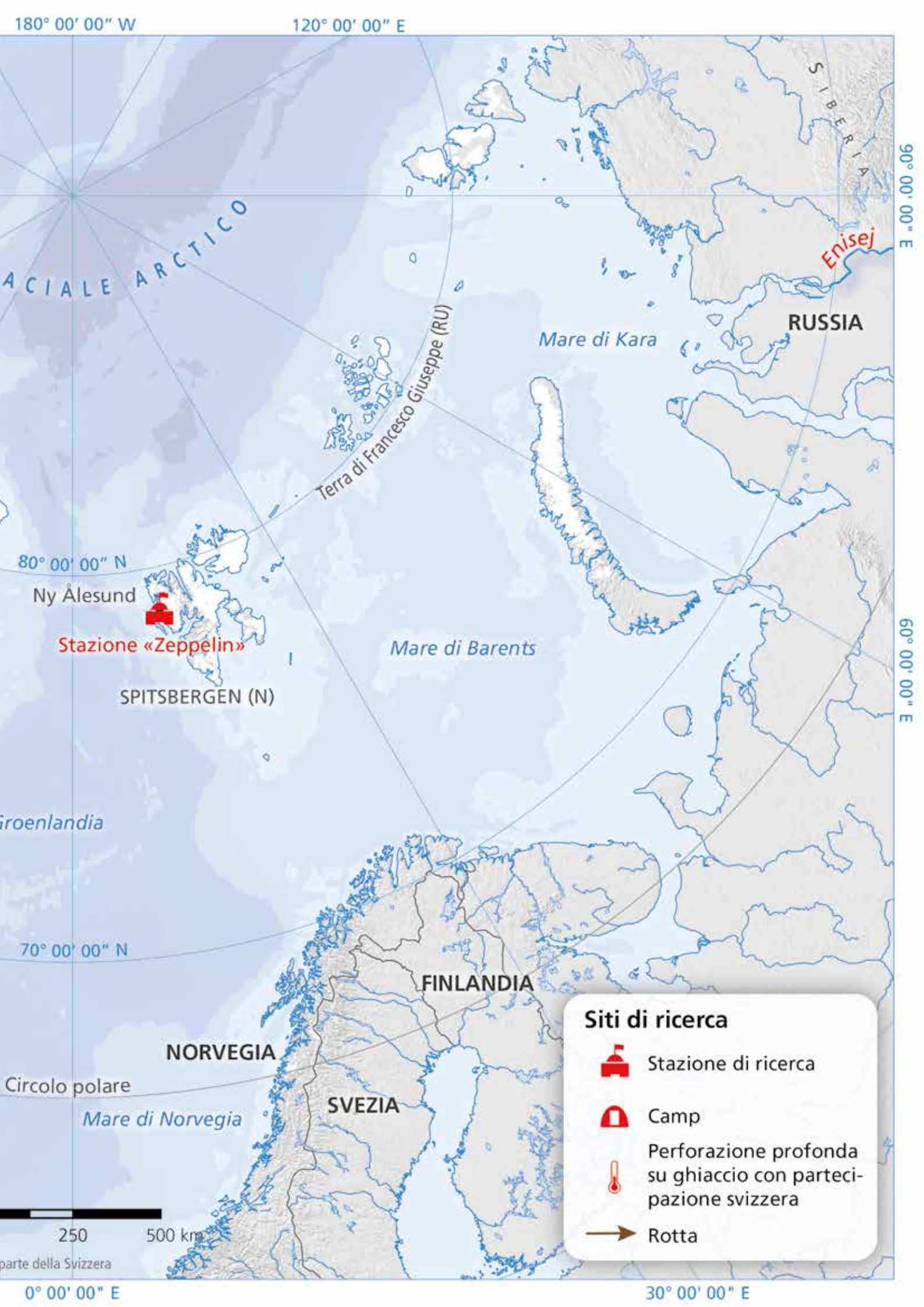


# ARTIDE

Dati compilati da:  
Osservazioni generali:

DFAE, SES, CGC-Geoservizi

I confini e i nomi illustrati e le designazioni usate su questa mappa non implicano l'appoggio o l'accettazione ufficiale da



180° 00' 00'' W

120° 00' 00'' E

MARE ARCTICO

Enisej

RUSSIA

Mare di Kara

Terra di Francesco Giuseppe (RU)

80° 00' 00'' N

Ny Ålesund

Stazione «Zeppelin»

SPITSBERGEN (N)

Mare di Barents

Groenlandia

70° 00' 00'' N

FINLANDIA

NORVEGIA

SVEZIA

Circolo polare

Mare di Norvegia

### Siti di ricerca



Stazione di ricerca



Camp



Perforazione profonda su ghiaccio con partecipazione svizzera



Rotta

250

500 km

parte della Svizzera

0° 00' 00'' E

30° 00' 00'' E

90° 00' 00'' E

60° 00' 00'' E

# «NON HO PARTICOLARI TALENTI, SONO SOLTANTO APPASSIONATAMENTE CURIOSO» Albert Einstein

La passione e la curiosità, la sete di conoscenza e il pionierismo, accompagnati da una buona dose di spirito di avventura, hanno spinto, dal XVIII secolo in poi, gli studiosi di scienze naturali e gli alpinisti svizzeri alla scoperta dell'Artide, aprendo così la strada all'eccellenza svizzera nella ricerca polare.

Dalla ricerca e dalle scoperte svizzere nasce la regione «Schweizerland» nella Groenlandia orientale, che ha preso il nome dai suoi scopritori. La vetta più alta di questa regione montana prende il nome di Mont Forel, in ricordo dello scienziato ginevrino François-Alphonse Forel che promosse e sostenne in maniera decisiva la spedizione guidata da Alfred de Quervain nel 1912.

Oggi gli scienziati svizzeri, in particolare nell'ambito interdisciplinare della climatologia, sono tra i migliori al mondo. Studiano le condizioni climatiche molto particolari e l'ecosistema dei due Poli, che noi con il nostro impiego delle risorse naturali influenziamo, e che, a loro volta, si ripercuotono sul nostro tempo meteorologico e sul nostro clima. I risultati delle loro ricerche servono a capire meglio l'ecosistema globale e la storia del nostro Pianeta, ma permettono anche di fare previsioni per il futuro. Queste ricerche permettono ai politici di prendere decisioni che consentono di tutelare e preservare l'ambiente per le generazioni future.

Il particolare interesse degli scienziati svizzeri per l'Artide e l'Antartide è anche legato allo stretto rapporto tra la ricerca polare e la ricerca di alta quota. Ampie parti della Svizzera sono state formate da ghiacciai e le Alpi sono parzialmente coperte

da neve e ghiaccio tutto l'anno. Analogamente all'Artide, anche in Svizzera si registrano inverni più miti e il ritiro dei ghiacciai.

Come dimostra brillantemente questa pubblicazione, la ricerca polare è un ambito internazionale. Ogni successo registrato è raramente attribuibile a un singolo, bensì al lavoro di gruppo. Per ottenere dei risultati è indispensabile che gli scienziati di tutto il mondo uniscano i loro sforzi, e le loro risorse al di là delle frontiere nazionali, in gruppi di lavoro internazionali e multidisciplinari. I ricercatori svizzeri partecipano e lavorano in stretta collaborazione con i colleghi stranieri, prevalentemente provenienti dagli otto Stati membri del Consiglio Artico e da uno degli Stati parte del Trattato Antartico.

Il Trattato Antartico, a cui la Svizzera ha aderito nel 1990, stabilisce che l'Antartide disabitata è riservata soltanto ad attività pacifiche, in particolare di ricerca scientifica e turismo. A differenza dell'Artide, nell'Antartide è proibito l'uso delle risorse naturali.

Il Consiglio Artico, fondato nel 1996, è stato istituito per garantire gli interessi degli Stati che si affacciano sull'Artide e quelli della popolazione indigena dell'Artide. Il Consiglio Artico coordina i progetti di ricerca e di sviluppo per promuovere la tutela del clima e della sicurezza nella regione, in cui vivono fino a due milioni di abitanti. Sia il Trattato Antartico che il Consiglio Artico difendono progetti e obiettivi condivisi anche dalla politica estera svizzera che intende contribuire attivamente alla stabilità e alla pace nel mondo.

La forte presenza svizzera nelle reti di ricerca dell'Artide e dell'Antartide è molto importante anche per la politica estera. Così come la diplomazia si adopera per garantire spazi ai nostri scienziati all'estero, attraverso la loro partecipazione a missioni internazionali gli studiosi svizzeri contribuiscono a promuovere l'eccellenza svizzera nella ricerca e nell'innovazione.

I progetti presentati in questo opuscolo dimostrano come essi svolgano, in modo del tutto naturale, un ruolo fondamentale per la politica estera, confermando che la Svizzera è un Paese all'avanguardia nella scienza, nell'innovazione e nella tecnologia e che, con spirito di responsabilità, contribuisce a risolvere i grandi misteri del nostro Pianeta e ad affrontare le sfide del futuro.

Questo opuscolo vuole far conoscere il lavoro delle nostre scienziate e dei nostri scienziati a un più vasto pubblico, coinvolgendolo nell'avventura svizzera della ricerca polare.

Vi auguro un'interessante lettura.



Didier Burkhalter  
Consigliere federale e capo del Dipartimento  
federale degli affari esteri DFAE

# RICERCA POLARE SVIZZERA: SPIRITO PIONIERISTICO E RICERCA DI PUNTA

Le scienziate e gli scienziati svizzeri fanno parte del gotha mondiale della ricerca polare. Di primo acchito, questa notizia potrebbe stupire: la Svizzera è infatti un Paese nel cuore dell'Europa, privo di sbocchi sul mare e senza una grande tradizione marinara. Ma la storia insegna che le ripercussioni sulla vita quotidiana di neve e ghiaccio hanno presto stimolato l'interesse dei ricercatori e degli scienziati svizzeri nei confronti delle regioni polari, in particolare delle grandi calotte glaciali in Groenlandia e nell'Antartide. Nel XIX secolo, si diffuse inoltre la consapevolezza che esistono effettivamente ghiacciai grandi come la Groenlandia, cosa che consentì ai ricercatori svizzeri e di altri Paesi di vedere confermate le proprie teorie sulle ere glaciali, che spiegano le peculiarità del paesaggio e della topografia svizzeri.

Il 1912 fu un anno straordinario, seppur anche tragico, per i ricercatori polari del nostro Paese. Da un lato, lo studioso svizzero Alfred de Quervain riuscì ad attraversare per la prima volta da ovest a est la calotta di ghiaccio della Groenlandia, riportando a casa, sani e salvi, tutti i membri della spedizione. Dall'altro, alcuni esploratori andarono nell'Antartide. Tra quelli partiti vi fu anche Xavier Mertz, avvocato, sciatore e alpinista che partecipò alla spedizione antartica australiana guidata da Douglas Mawson, perdendo la vita poco prima della sua conclusione.

Nei diari delle spedizioni vengono sottolineati, in particolare, l'eroismo e la sete di avventura, ma il loro vero scopo era sempre quello di ottenere nuove conoscenze scientifiche. De Quervain e la sua équipe, per esempio, registrarono, durante il percorso, osservazioni meteorologiche e geomagnetiche; inoltre, condussero misurazioni e tracciarono per la prima volta un profilo altimetrico dell'intera calotta di ghiaccio groenlandese, un'impresa scientifica straordinaria per l'epoca.

Nel 1956, a Grindelwald, nell'Oberland bernese, fu fondata l'associazione «Expédition Glaciologique Internationale au Groenland (EGIG)». La prima spedizione dell'EGIG, a forte partecipazione svizzera, partì nel 1959 e, oltre ad avere già a propria disposizione strumenti di precisione, per esempio quelli per il rilevamento del terreno, poté contare su un'assistenza aerea. Per il trasporto di materiale e persone, furono inoltre usati veicoli cingolati. La spedizione EGIG fu ripetuta nel 1967/68 e nei primi anni 1990 e ha permesso di studiare, in entrambe le occasioni, i cambiamenti sopravvenuti nel frattempo nella calotta di ghiaccio. Nello stesso periodo, si è sviluppata la ricerca sulle carote di ghiaccio, che fornisce informazioni sul clima e sui gas serra in età remote. Tra i pionieri di questo ramo di ricerca figurava il fisico e climatologo Hans Oeschger, dell'Università di Berna.

Le nuove possibilità tecniche, come le immagini satellitari e i GPS, hanno aperto anche alla ricerca polare nuovi campi di applicazione. La ricerca svizzera sfrutta l'osservazione della calotta di ghiaccio groenlandese e antartica per offrire un importante contributo internazionale. Malgrado il progresso tecnologico, le spedizioni, le osservazioni e gli esperimenti sul campo restano comunque essenziali per la climatologia e la glaciologia.

Oggi le scienziate e gli scienziati svizzeri studiano anche i processi biologici, chimici e fisici che soggiacciono alla struttura e al funzionamento dell'ecosistema nell'Oceano antartico e intorno all'Antartide oppure le interazioni tra clima, permafrost e vegetazione nella tundra e nelle Alpi. Fanno ricerche sulla circolazione atmosferica e l'inquinamento dell'aria nelle regioni polari e sugli effetti della neve sul clima. Mettono a punto modelli computerizzati, ricostruiscono la storia climatica del passato grazie al ghiaccio e ai sedimenti e conducono studi geologici da cui traggono informazioni sulla storia delle calotte di ghiaccio.

Poiché la Svizzera non dispone di un proprio istituto di scienze polari, le ricercatrici e i ricercatori del nostro Paese lavorano all'interno di consorzi multinazionali e programmi internazionali o partecipano attivamente ai progetti di organizzazioni

non governative come il Comitato scientifico per le ricerche antartiche (SCAR) e il Comitato scientifico internazionale artico (IASC). Oggi, il punto non è più principalmente scoprire ed esplorare, ma capire i processi che governano il nostro sistema terrestre e, nello specifico, quale ruolo svolgono le regioni polari per il nostro pianeta, chiarendo quanto siano sensibili al riscaldamento globale provocato dall'attività umana.

Proprio per via del riscaldamento globale, la ricerca polare acquisirà ancora maggiore importanza in futuro. Anche la ricerca svizzera vuole continuare a offrire il proprio contributo a questa scienza. Il presente opuscolo si propone di illustrare in quali settori sta già dando il suo contributo attivo.



Prof. Hubertus Fischer

A nome della Commissione svizzera per la ricerca polare e ad alta quota (SKPH), una commissione delle Accademie svizzere delle scienze



Campo di trivellazione «Foxx» sulla calotta glaciale della Groenlandia. © Claudia Ryser, EPF Zurich

## LA CALOTTA GLACIALE DELLA GROENLANDIA E I CAMBIAMENTI CLIMATICI: DINAMICA E VARIAZIONE DELLA MASSA DI GHIACCIO

La calotta glaciale della Groenlandia è la seconda riserva di acqua dolce più grande del pianeta. Dalle osservazioni effettuate è emerso un notevole aumento della temperatura nell'ultimo decennio, con un'intensificazione dello scioglimento del ghiaccio e un'accelerazione del suo riversamento nell'oceano. Si teme pertanto che, nell'ottica di un ulteriore riscaldamento del clima, in futuro la calotta glaciale della Groenlandia possa perdere una quantità di ghiaccio ancora maggiore. Se dovesse sciogliersi completamente, il livello del mare salirebbe di sei metri.

I ricercatori svizzeri contribuiscono in maniera sostanziale alla ricerca sul campo volta a studiare la dinamica

del movimento del ghiaccio nella calotta glaciale della Groenlandia e il processo di scioglimento sulla sua superficie. Obiettivo principale della ricerca è analizzare le variazioni della massa glaciale e la dinamica del ghiaccio sulla costa occidentale groenlandese. Tali aspetti costituiscono infatti la base scientifica necessaria per condurre studi più approfonditi, con l'aiuto di satelliti che forniscono misure e immagini (telerilevamento) nonché di modelli informatici.

Dal 1990, i ricercatori dell'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL), in collaborazione con il Politecnico federale di Zurigo (PFZ) e la University of Colorado, Boulder (USA), effettuano misurazioni presso la stazione «Swiss Camp» nell'ambito di un programma a lungo termine. I dati finora ottenuti hanno rivelato un aumento dello scioglimento del ghiaccio. La stazione, situata nella parte occidentale della calotta glaciale, ha registrato un riscaldamento di tre gradi Celsius e uno spostamento di 50 metri della linea della neve verso l'entroterra, dall'inizio delle misurazioni a oggi.

Lo «Swiss Camp» è anche il punto di riferimento per 18 stazioni meteorologiche automatiche dislo-



cate su tutta la calotta glaciale, che insieme formano il «Greenland Climate Network» (GC-Net). Questa rete costituisce la base per informazioni climatiche, previsioni del tempo e studi di processo, nonché per la validazione di sensori satellitari e di modelli climatici regionali.

Nella stazione di Summit, situata nel punto più alto della calotta glaciale (3300 metri sul livello del mare), e in particolare sulla «Swiss Tower», alta 50 metri, ricercatori svizzeri del PFZ e del WSL eseguono misurazioni a lungo termine nell'ambito della ricerca sull'atmosfera. Dal 2000, si occupano inoltre della manutenzione della rete «Surface Baseline Radiation Network» (BSRN), istituita nel quadro di un progetto volto a misurare e registrare le possibili variazioni del bilancio radiativo della Terra, indotte dai cambiamenti climatici.

Un gruppo di ricercatori del PFZ, primo a effettuare carotaggi in profondità nel flusso glaciale e nell'ambiente circostante, ha scoperto che la notevole velocità con cui si muove il flusso glaciale del ghiacciaio Sermeq Kujalleq (Jakobshavn Isbrae) è dovuta alla presenza di uno spesso strato di ghiaccio con una temperatura relativamente elevata. Inoltre, secondo studi più recenti condotti da ricercatori svizzeri e da partner statunitensi sia sul campo che su modelli, il fatto che la velocità del flusso glaciale sia raddoppiata, raggiungendo i 14 chilometri all'anno è riconducibile alla minore stabilità garantita al ghiacciaio dalla lingua di ghiaccio galleggiante.

Ulteriori misurazioni condotte dal PFZ in collaborazione con partner statunitensi hanno dimostrato che il 50 per cento del ghiaccio si muove tramite slittamento anche durante i freddi mesi invernali e che in estate tale quota può aumentare fino a raggiungere addirittura il 90 per cento. I ricercatori hanno eseguito carotaggi verticali a 700 metri di profondità fino al letto del ghiacciaio e, mediante sensori applicati su quest'ultimo e nel ghiaccio, hanno osservato le variazioni della pressione dell'acqua e il movimento glaciale. In questa zona del ghiacciaio, difficilmente accessibile, i processi di slittamento determinano la velocità del ghiaccio e, pertanto, la forma e il futuro sviluppo della calotta glaciale.

## INDICATORI

**PAESE/REGIONE:** Artide, Groenlandia

**NUMEROSI PROGETTI, TRA CUI:**

«Real-time Observations of the Greenland Under-Ice Environment» (osservazioni in tempo reale dello sviluppo dell'ambiente subglaciale in Groenlandia)

Durata del progetto: 2010–2014

«Understanding long-term outlet glacier calving dynamics» (comprendere le dinamiche a lungo termine del distacco del ghiaccio nei ghiacciai di sbocco)

Inizio del progetto: 2014

«Surface processes glacio-hydrology and englacial modeling of the Greenland ice sheet» (processi glacio-idrologici superficiali e modellizzazione endoglaciale della calotta polare della Groenlandia)

Durata del progetto: 1990–2014

«Climate and surface baseline radiation network monitoring on top of the Greenland ice sheet» (clima e rete per la misurazione superficiale della radiazione di fondo sulla calotta glaciale della Groenlandia)

Inizio del progetto: 2000

**BUDGET:** ca. 20000000 CHF

**CONTRIBUTO SVIZZERO:** 7000000 CHF

**PARTNER:** University of Colorado, Boulder (USA), University of Texas, Austin (USA), Dartmouth College, Hanover (USA), Los Alamos National Laboratory (USA), NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt (USA), University of Alaska, Fairbanks (USA), Geography Department, Durham University (UK)



© Christian Beutler

### KONRAD STEFFEN

Professore presso il Politecnico federale di Zurigo e il Politecnico federale di Losanna, cattedra di Clima e criosfera, e direttore dell'Istituto federale per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) di Birmensdorf



### MARTIN LÜTHI

Dottore e ricercatore senior in seno al gruppo di glaciologia e geomorfodinamica dell'Istituto geografico dell'Università di Zurigo e vicepresidente della Commissione svizzera per la ricerca polare e ad alta quota (SKPH), una commissione delle Accademie svizzere delle scienze



© Frank Brüderli, Stallikon

### ANDREAS VIELI

Professore di geografia fisica in seno al gruppo di glaciologia e geomorfodinamica dell'Istituto geografico dell'Università di Zurigo



Immagine da satellite di una depressione polare sull'Oceano artico.  
© KEYSTONE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/CHR 366 NASA/SCIENCE PHOTO LIBRARY

## LA SVIZZERA PARTECIPA ALLA MODELLAZIONE DEL MARE ARTICO E DELLE CORRENTI AEREE

Il tempo e il clima delle regioni polari sono caratterizzati da intense interazioni tra oceano, ghiaccio e atmosfera, in un ambiente topograficamente complesso. Basti pensare all'estate 2012, quando correnti di aria calda provenienti dalle latitudini medie sono spirate verso il polo e in Groenlandia hanno provocato uno scioglimento dei ghiacci di vaste porzioni.

Per ricostruire le complesse correnti nell'oceano e nell'atmosfera delle regioni polari, sono stati sviluppati modelli computerizzati che permettono, con l'ausilio degli strumenti informatici e delle leggi fisiche, di simulare tali fenomeni. Inoltre, negli anni è stato possibile raccogliere set di dati globali di elevata qualità, le cosiddette rianalisi, che permettono di svolgere studi di qualità sulle correnti aeree polari.

La ricerca svizzera, in particolare all'Università di Berna e al Politecnico federale di Zurigo (PFZ), offre un contributo essenziale in questo ambito, dando la possibilità di comprendere meglio i processi e i fenomeni in atto nelle regioni polari. È inoltre previsto lo sviluppo di un modello regionale molto dettagliato per l'Atlantico meridionale che combina i dati relativi all'atmosfera e all'oceano. Altri progetti si soffermano sugli effetti e l'influenza dei vortici delle correnti oceaniche sull'atmosfera sovrastante, analizzano l'improvvisa affluenza di aria fredda proveniente dall'Antartico oppure le connessioni tra l'evaporazione, il trasporto di vapore acqueo e le forti precipitazioni nelle regioni polari.

Molti aspetti delle interazioni tra oceano e gli strati dell'atmosfera fino a 100 km sono ancora sconosciuti. Le osservazioni più recenti nell'Oceano antartico mostrano che solitamente i vortici oceanici con un diametro di 50 chilometri e con una temperatura superiore o inferiore sulla superficie del mare possono influenzare il vento di superficie, la nuvolosità e le precipitazioni. Ad esempio, la coltre di nuvole sopra i vortici oceanici freddi è mediamente inferiore a quella delle regioni circostanti (si veda immagine

a destra). Grazie al modello regionale con punti griglia orizzontali ogni dieci chilometri, che combina i dati dell'atmosfera con quelli dell'oceano, è stato possibile verificare e quantificare il meccanismo del fenomeno rilevato.

L'improvvisa affluenza di aria fredda è un fenomeno meteorologico spettacolare: grandi quantità di correnti di aria fredda polare confluiscono verso le basse latitudini (al di sotto del 50 parallelo), generando imponenti flussi termici e provocando un sensibile aumento dell'evaporazione sulle parti di oceano non ricoperte dai ghiacci. Spesso si osservano cicloni di piccole dimensioni ma molto violenti, i cosiddetti vortici polari o depressioni polari (si veda immagine a sinistra), che possono generare forti venti sulla superficie del mare e, unitamente a precipitazioni spesso intense, possono costituire, per esempio, un pericolo per la navigazione o le piattaforme petrolifere. Attraverso le rianalisi e i modelli numerici, è possibile analizzare gli afflussi improvvisi di aria fredda e come nascono, funzionano e si evolvono. È indispensabile comprendere questo processo nei minimi dettagli, per migliorare le previsioni meteorologiche e climatiche delle regioni polari.

Il trasporto di aria calda e umida verso i Poli è di grande importanza per le precipitazioni in queste regioni e per il mantenimento delle immense distese di ghiaccio delle regioni polari. Grazie a speciali algoritmi, i ricercatori sono riusciti a calcolare i movimenti dell'acqua nell'atmosfera e ad analizzare il collegamento tra evaporazione, trasporto e precipitazioni. La misurazione della composizione stabile di isotopi delle precipitazioni ha permesso di testare i modelli e raffrontarli con situazioni reali. I risultati delle ricerche hanno già fornito un prezioso contributo per l'interpretazione delle informazioni climatiche provenienti dai carotaggi di ghiaccio della Groenlandia e dall'Antartide.

Proprio in una specifica regione antartica (Dronning Maud Land) è stato possibile analizzare in modo esauriente i fenomeni atmosferici che danno origine a forti precipitazioni. Queste sono infatti precedute da violente perturbazioni ondose a circa dieci chilometri dalla superficie terrestre che si estendono verso l'Antartide e che in seguito provocano un vortice sopra il mare di Weddell. Ciò determina un'affluenza di aria umida dall'oceano verso la terra, dove la corrente aerea incontra la costa scoscesa e provoca intense piogge.

## INDICATORI

### NUMEROSI PROGETTI, TRA CUI:

CHIRP II «Modeling the water cycle in a changing climate – a multi-scale interaction challenge» (modellazione del ciclo idrologico nei cambiamenti climatici: un modello di calcolo a più livelli delle interazioni) e

SOGate «Phytoplankton ecosystem control of the Southern Ocean biogeochemical gate» (controllo dell'ecosistema del fitoplancton della barriera biogeochimica dell'Oceano antartico)

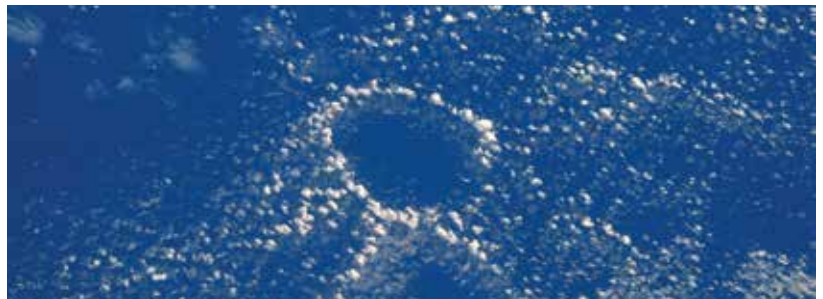
**BUDGET:** ca. 800 000 CHF

**CONTRIBUTO SVIZZERO:** ca. 800 000 CHF

**FINANZIAMENTO:** PF Zurigo e Fondo nazionale per la ricerca scientifica (FNS)

**INIZIO DEL PROGETTO:** 2010

**PARTNER:** University of Melbourne (AU), Institute for Marine and Atmospheric Research Utrecht (NL)



I vortici oceanici possono provocare la formazione di aree prive di nubi di forma circolare.  
© Nasa Johnson Space Center

### NICOLAS GRUBER

Professore di fisica ambientale presso l'Istituto di biochimica e dinamica degli inquinanti del PF Zurigo

### OLIVIA ROMPPAINEN-MARTIUS

Professoressa, Centro Oeschger per la ricerca sui cambiamenti climatici e Istituto geografico dell'Università di Berna

### HARALD SODEMANN

Istituto per la ricerca sull'atmosfera e il clima del PF Zurigo e professore presso l'Istituto geofisico dell'Università di Bergen (N)

### CHRISTOPH WELKER

Dottore di ricerca sui cambiamenti climatici presso il Centro Oeschger e l'Istituto geografico dell'Università di Berna

### HEINI WERNLI

Professore di dinamica dell'atmosfera presso l'Istituto per la ricerca sull'atmosfera e il clima del PF Zurigo



Misurazione della capacità rifrangente nell'Antartide.  
© M. Schneebeli

## RUOLO GUIDA DELLA SVIZZERA NELLA RICERCA POLARE SULLA NEVE

L'importanza della neve nelle regioni polari si evince dal fatto che le popolazioni indigene utilizzano numerose parole per indicare ogni tipo di neve. In questo senso, gli abitanti dell'Artide non sono molto diversi dalle popolazioni di montagna delle Alpi. Questa relazione esiste anche nella ricerca sulla neve. Negli ultimi anni, la Svizzera ha intensificato la ricerca nell'Artide e nell'Antartide per avvalersi del proprio ruolo guida a livello mondiale nella ricerca sulla neve, al fine di trovare una soluzione ai problemi globali. Grazie allo sviluppo di nuovi metodi di misurazione e di modelli informatizzati, la Svizzera può fornire un contributo importante alla ricerca sulla neve nelle regioni polari.

Vapore acqueo e piccole gocce d'acqua si cristallizzano nell'atmosfera creando la neve. Sulla terra, in inverno o durante tutto l'anno, la neve forma una

solida coltre e si ricristallizza completamente più volte, come mostrano i più recenti risultati delle ricerche del WSL Istituto federale per lo studio della neve e delle valanghe (SLF). Ciò avviene proprio perché la neve sulla terra è molto vicina al punto di fusione.

La neve influenza il clima globale. A dipendenza della grandezza dei cosiddetti grani di neve varia anche la riflessione della luce solare. L'SLF e il Politecnico federale di Zurigo (PFZ) hanno un ruolo guida nella determinazione della grandezza dei grani di neve. Le loro ricerche in Groenlandia (in particolare presso la stazione «Summit» che si trova sul punto più elevato della calotta glaciale della Groenlandia a 3300 metri di altitudine e presso lo «Swiss Camp») e nell'Antartide hanno portato a nuovi risultati rivoluzionari sulle capacità di riflessione dei grani di neve e sul bilancio radiativo. È stata esaminata anche la profondità di penetrazione della luce solare nella neve e i risultati sono stati integrati nel modello svizzero sulla neve e sul bilancio radiativo «Snowpack».

Le proprietà fisiche di una coltre nevosa in inverno inoltrato sul permafrost sono state al centro di una spedizione in Siberia. Tali caratteristiche sono deter-

minanti per conoscere l'intensità con cui il terreno gela. I cristalli di brina di profondità estremamente fragili in queste condizioni climatiche possono essere classificati solo grazie a una combinazione di microtomografie con simulazioni numeriche.

Anche la comprensione del rapporto esistente tra il trasporto della neve e le caratteristiche topografiche si basa sulle conoscenze della ricerca alpina in Svizzera. Oggetti di ricerca erano i cornicioni di neve e i pendii con forte rischio di valanghe, dove il vento ridistribuisce la neve. Anche se i rapporti topografici in Groenlandia e nell'Antartide si differenziano dalla regione alpina, i processi relativi al trasporto della neve sono paragonabili.

Attraverso studi sul campo e modelli informatici, si esamina in che modo il vento trasporta la neve. Vengono utilizzati, tra l'altro, modelli climatici e meteorologici, per capire come si formano i cumuli di neve. Nevicate e raffiche di neve sono definite con metodi di misurazione molto precisi come GPS e laser. In questo modo è possibile riconoscere modelli relativi ai cumuli di neve e cambiamenti nella ruvidezza delle superfici e quindi creare carte molto precise, che mostrano in modo dettagliato i luoghi dove la neve si è accumulata o è stata portata via dal vento.

La neve è tuttavia anche il materiale originale delle carote di ghiaccio, che sono memorie climatiche straordinarie su un periodo di migliaia di anni. Il modo in cui la neve diventa ghiaccio è uno dei processi da capire per migliorare l'interpretazione del passato. Due spedizioni nell'Antartide mostrano che, grazie ai metodi svizzeri, i processi di deposito e di trasformazione vengono capiti molto meglio.

## INDICATORI

**PAESE/REGIONE:** Antartide, Finlandia, Groenlandia, Russia

**BUDGET:** ca. 5 000 000 CHF

**CONTRIBUTO SVIZZERO:** ca. 1 000 000 CHF

**DURATA DEL PROGETTO:** 2000–2014

**PARTNER:** Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeresforschung (D), Finnish Meteorological Institute (FI), Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (F), University of Washington (USA)



Misurazione della neve vicino alla stazione artica «Samoylov» nel parco del delta della Lena (Siberia nord-orientale). © M. Proksch/WSL



© M. Fitzpatrick

### MARTIN SCHNEEBELI

Capogruppo fisica della neve,  
WSL Istituto federale per lo studio della  
neve e delle valanghe (SLF), Davos



© K. Gavahan

### KATHERINE LEONARD

Dott.ssa, Laboratori delle scienze  
criosferiche (CRYOS), EPF Losanna



Alcuni ricercatori prelevano campioni di neve e ghiaccio nell'area del Mare di Bellingshausen, nell'Antartide occidentale. © Katherine Leonard

## IL GHIACCIO MARINO: RIPERCUSSIONI SUL CLIMA E SULLE CONDIZIONI METEOROLOGICHE IN EUROPA

La banchisa, o ghiaccio marino dell'Artide e dell'Antartide, ha un'influenza notevole sulle condizioni meteorologiche globali; di particolare importanza sono la sua estensione e il momento dell'anno, in cui la copertura glaciale è maggiore o minore. Il processo di congelamento e il conseguente aumento della salinità dell'acqua del mare, nonché la superficie ghiacciata, sono elementi fondamentali della circolazione oceanica globale e di conseguenza del clima terrestre sul lungo periodo.

Le riprese satellitari ottenute tramite microonde, che riescono a vedere la superficie del ghiaccio anche durante l'inverno polare, mostrano che, negli ultimi decenni, durante la stagione invernale il ghiaccio marino nell'Artide copre mediamente

una superficie compresa tra i 14 e i 16 milioni di chilometri quadrati, mentre nell'Oceano antartico l'estensione media della banchisa è di 17-20 milioni di chilometri quadrati. I modelli elaborati al computer permettono di calcolare l'estensione del ghiaccio marino anche per epoche anteriori e di elaborare proiezioni per il futuro.

Da questa serie di dati, che copre più di quarant'anni, si evince che la superficie ghiacciata dell'Artide in estate diminuisce; in inverno, al contrario, non si registrano grandi differenze da un anno all'altro. Nell'Oceano antartico, durante la stagione invernale, la superficie si è ridotta leggermente in tempi recenti, ma non è possibile dire quanto sia significativo questo cambiamento. La comunità internazionale dei ricercatori studia con grande attenzione queste trasformazioni e le complesse interconnessioni tra tempo atmosferico e clima in Europa, con l'essenziale partecipazione della Svizzera.

Gli studi svizzeri sul ghiaccio marino vertono soprattutto sulla relazione tra il ghiaccio e le condizioni atmosferiche e climatiche globali. Riprese aeree e satellitari (telerilevamento) e modelli relativi al clima

e alle condizioni dell'atmosfera vengono combinati con ricerche sul campo. In loco, vengono verificate le condizioni fisiche del ghiaccio per comprendere meglio i risultati del telerilevamento e dei modelli al computer e poterli classificare. Le ricercatrici e i ricercatori svizzeri danno un importante contributo anche attraverso l'analisi del comportamento meccanico della banchisa in laboratorio, la sua modellizzazione e l'indagine sulla composizione chimica e sulla struttura fine del ghiaccio.

È alla ricerca svizzera che si deve lo sviluppo di strumenti estremamente precisi che riescono a misurare gli effetti dell'irradiazione solare e quelli di retroazione dovuti a diverse superfici. Il ghiaccio marino, in particolare coperto da uno strato di neve fresca, riflette ampiamente i raggi solari. E la grandezza della superficie ghiacciata che può riflettere i raggi è decisiva per la quantità di calore che viene rinviata nello spazio o che viene assorbita dall'oceano e dall'atmosfera.

In un progetto del fondo nazionale per la ricerca scientifica (FNS) si studia attualmente lo spessore della copertura di neve sul ghiaccio dell'Antartide (cfr. pag. 16). Per ottenere questo dato si deve sapere quanta neve si è depositata sul ghiaccio perché, al contrario della superficie, il volume del ghiaccio non può essere rilevato attraverso le riprese da satellite. Contemporaneamente è interessante anche capire quanta neve cade sul ghiaccio e quanta sull'oceano, da dove proviene e quale ruolo svolge nella formazione e nella crescita della banchisa.

In estate, una grande parte della banchisa si scioglie, riformandosi poi in inverno. Diversi anni di nevicate sempre più abbondanti potrebbero significare che la superficie ghiacciata resta la stessa ma diminuisce la formazione di ghiaccio attraverso il congelamento dell'acqua del mare. Ciò potrebbe avere delle ripercussioni sulla circolazione oceanica globale, che dipende ampiamente dalla quantità di acqua salata fredda che si genera durante la formazione del ghiaccio.

## INDICATORI

**PAESE/REGIONE:** Antartide

**NUMEROSI PROGETTI, TRA CUI:**

Progetto Ambizione del Fondo nazionale per la ricerca scientifica (FNS) «Antarctic precipitation, snow accumulation processes, and ice-ocean interactions» (precipitazione antartica, processi di accumulazione della neve e interazioni tra ghiaccio e oceano)

**BUDGET:** ca. 10000000 CHF

**CONTRIBUTO SVIZZERO:** 500000 CHF

**DURATA DEL PROGETTO:** 2012–2016

**PARTNER:** Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (D), Australian Antarctic Division, United States Antarctic Program, Woods Hole Oceanographic Institution (USA), University of Colorado, Boulder (USA), University of Tasmania (AU), Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement, CNRS/Université Joseph Fourier (F), British Antarctic Survey (UK)



Ghiaccio marino dell'Antartide; sullo sfondo un iceberg, una massa di ghiaccio staccatasi da un ghiacciaio; in primo piano, lo strato di neve di un bianco abbagliante e sotto il ghiaccio di colore verde. © Martin Schneebeli



### KATHERINE LEONARD

Dott.ssa, Laboratori delle scienze criosferiche (CRYOS), EPF Losanna WSL Istituto federale per lo studio della neve e delle valanghe (SLF), Davos Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado, Boulder (USA)



Stazione antartica coreana «King Sejong». © Martin Vollmer

## DALL'ARTIDE ALL'ANTARTIDE SULLE TRACCE DEI GAS A EFFETTO SERRA

Alcuni ricercatori svizzeri stanno tracciando il percorso dei gas a effetto serra dall'Artide all'Antartide, concentrandosi in particolare sugli idrocarburi contenenti cloro, fluoro o bromo. Questi composti, usati soprattutto per il raffreddamento, la produzione di materiali espansi, negli estintori o come solventi, sono responsabili della formazione del buco dell'ozono antartico e contribuiscono al riscaldamento globale.

Ogni anno, arriva nell'atmosfera circa un milione di tonnellate di questi gas, l'equivalente di circa 25000 vagoni ferroviari carichi. La durata (tempo di residenza) nell'atmosfera dipende dal tipo di gas e può variare da uno a circa 50000 anni. Questi gas, tra cui si contano i clorofluorocarburi, gli idroclorofluorocarburi, gli halons (bromofluorocarburi), i fluorocarburi e gli idrocarburi perfluorati, non

sono però distribuiti in modo uniforme nell'atmosfera terrestre. Nell'emisfero boreale, le concentrazioni sono significativamente più alte poiché vi si trovano le fonti maggiori. Dal momento che i gas emessi alle nostre latitudini raggiungono l'emisfero australe e l'Antartide con un ritardo di uno o due anni, vi è un netto divario Nord-Sud nei livelli di concentrazione.

Nell'Artide l'Istituto norvegese per la ricerca atmosferica NILU misura i gas alla stazione «Zeppelin», a Ny Ålesund sull'isola di Spitsbergen, per la quale il Laboratorio federale di prova dei materiali e di ricerca (Empa) ha costruito un apposito strumento di misurazione. La stazione è uno degli otto centri di rilevamento mondiale del progetto internazionale «AGAGE – Advanced Global Atmospheric Gases Experiment», nel cui ambito l'Empa e il NILU cooperano a stretto contatto. Il tipo di misurazione condotto in tutte le stazioni è, tra le altre cose, standardizzato fin nei minimi dettagli, per poter garantire la comparabilità dei risultati. In Antartide, l'Empa collabora con l'Istituto polare coreano KOPRI nella stazione «King Sejong», sulle isole Shetland meridionali. Qui non si misurano i gas sul



posto, ma dal 2007 si riempiono ogni settimana bottiglie con campioni d'aria che sono successivamente oggetto di rilevamento all'Empa.

I risultati ottenuti aiutano a caratterizzare e a quantificare le emissioni e la distribuzione globale dei gas. Grazie a queste misurazioni è possibile sottoporre a una verifica indipendente gli accordi sanciti dal Protocollo di Montreal o da quello di Kyoto. La comprovata diminuzione di clorofluorocarburi e idroclorofluorocarburi nell'atmosfera è, per esempio, una conferma diretta dell'efficacia del Protocollo di Montreal. Le misurazioni corroborano anche la notizia che il buco dell'ozono antartico non si è più ingrandito negli ultimi anni e nel corso dei prossimi decenni probabilmente si richiuderà.

Al contempo, il forte incremento dei fluorocarburi e degli idrocarburi perfluorati mette in luce i problemi tuttora aperti nell'attuazione del Protocollo di Kyoto che fissa valori limite vincolanti per l'emissione di gas a effetto serra nei Paesi industrializzati. Si scoprono inoltre di continuo nuovi gas prodotti dall'attività umana, come i moderni anestetici inalatori fluorurati usati negli interventi chirurgici, che si accumulano nell'atmosfera e il loro percorso può essere tracciato fino all'Antartide.

L'Empa misura i gas «traccia» alogenati anche nella stazione ad alta quota sullo Jungfrauoch, a 3580 metri sul livello del mare, per determinare, tra l'altro, le emissioni svizzere. A tal fine sono necessari misurazioni molto precise ed elaborati modelli computerizzati che ne descrivano la propagazione nell'atmosfera. In questi calcoli confluiscono anche i risultati ottenuti dalle stazioni polari o in altre regioni. Con i dati relativi alle emissioni svizzere vengono verificate le cifre che l'industria e le autorità divulgano sul consumo e sulla produzione di queste sostanze, basandosi su stime.

## INDICATORI

**PAESE/REGIONE:** Artide, Antartide

**PROGETTO:** «Emissione e distribuzione atmosferica globale di gas in traccia alogenati sulla base di misurazioni ai Poli e in altre regioni isolate»

**INIZIO DEL PROGETTO:** 2007

**PARTNER:** Korea Polar Research Institute (KOPRI), Norwegian Institute for Air Research (NILU), Advanced Global Atmospheric Gases Experiment (AGAGE)



Stazione antartica coreana «King Sejong». © Martin Vollmer



### MARTIN K. VOLLMER

Collaboratore scientifico, Divisione per l'inquinamento atmosferico e la tecnologia ambientale, Empa



### STEFAN REIMANN

Capogruppo Gas serra, Divisione per l'inquinamento atmosferico e la tecnologia ambientale, Empa



### LUKAS EMMENEGGER

Direttore, Divisione per l'inquinamento atmosferico e la tecnologia ambientale, Empa



Campo «EPICA» (Dome C Antartide) Nella grande tenda a destra vengono effettuate trivellazioni; nel container a sinistra vengono elaborate le carote di ghiaccio. © EPICA

## UNO SGUARDO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI DEL PASSATO COME VALORE DI RIFERIMENTO PER IL FUTURO

Anche se relativamente recente, la ricerca sulla carota di ghiaccio ha influenzato molto la nostra conoscenza del sistema climatico e della sua mutevolezza. La prima trivellazione profonda ha avuto luogo nel 1966 in Groenlandia. Il carotaggio è stato completato nell'Antartide alla Stazione «Byrd» solo due anni dopo e campioni di questa carota di ghiaccio si trovano tuttora all'Università di Berna.

Le carote di ghiaccio danno informazioni dettagliate sulla temperatura del passato e sulla composizione atmosferica. Le piccole bolle d'aria presenti nel ghiaccio sono un archivio straordinario che ci permette di ricostruire la concentrazione dei tre gas serra  $\text{CO}_2$  (anidride carbonica),  $\text{CH}_4$  (metano) e  $\text{N}_2\text{O}$  (ossido di diazoto). Ciò che sappiamo su questi

gas anteriori alle misurazioni atmosferiche dirette proviene dalla ricerca sulle carote di ghiaccio e la maggior parte delle misurazioni è stata eseguita presso la Divisione di fisica climatica e ambientale (CEP) fondata da Hans Oeschger all'Istituto di fisica dell'Università di Berna.

Dal 1960 alcuni consorzi internazionali hanno effettuato varie trivellazioni profonde in Groenlandia e nell'Antartide con la partecipazione della Svizzera. Le trivellazioni in Groenlandia hanno evidenziato che, nell'ultima era glaciale, rapidi cambiamenti climatici hanno riscaldato l'atmosfera di 10–15° C in pochi decenni causando un aumento della concentrazione di  $\text{CH}_4$ . Si è inoltre scoperto che l'ultimo periodo interglaciale è risultato essere almeno 4° C più caldo di adesso.

Al più importante progetto di ricerca sulla carota di ghiaccio nell'Antartide, l'«European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA)», a cui è stato assegnato nel 2007 il Premio «René Descartes» per la cooperazione transnazionale, hanno partecipato dieci nazioni, tra cui la Svizzera. EPICA ha permesso di effettuare due trivellazioni profonde nel Plateau

antartico: una nel settore atlantico dell'Antartide, che fornisce le uniche informazioni sull'interazione climatica degli emisferi settentrionale e meridionale, e l'altra nel settore dell'Oceano indiano. Quest'ultima, la più lunga carota mai prelevata, ha fornito dati che coprono un arco di tempo pari a 800 000 anni. Gli studi sui gas serra, effettuati dalle Università di Berna e di Grenoble, hanno mostrato che i valori dei gas serra del periodo preindustriale e interglaciale erano del 25 per cento inferiori rispetto ai livelli attuali, cresciuti in seguito all'uso di combustibili fossili e alla deforestazione.

Negli ultimi anni, gli studi della CEP si sono estesi pure alla ricerca degli isotopi dei gas serra, fornendo informazioni sui processi che ne controllano le concentrazioni. Inoltre, la CEP ha analizzato i cambiamenti nella composizione chimica dell'aerosol in alta risoluzione, che danno informazioni sulle condizioni ambientali (estensione del ghiaccio marino, circolazione atmosferica, aridità nelle zone desertiche) lontano dai luoghi di trivellazione attuali. Questi risultati servono a valutare modelli climatici e biogeochimici utilizzati alla CEP, a migliorarli e a fare pronostici più precisi per il futuro.

C'è ancora molto da imparare dalle carote di ghiaccio polari e la comunità internazionale che le studia persegue progetti importanti, nella cui realizzazione gli scienziati svizzeri hanno un ruolo di punta. L'obiettivo più importante è la trivellazione di una carota di ghiaccio che copra gli ultimi 1,5 milioni di anni e permetta di studiare i cambiamenti di un mondo in cui le ere glaciali e i periodi caldi si alternavano ogni 40 000 anni e di uno, quello degli ultimi 800 000 anni, in cui i periodi caldi si avvicendavano solo ogni 100 000 anni.

Le aree per svolgere accertamenti geofisici prima di iniziare con gli scavi alla fine di questo decennio sono state identificate. Si spera così di far luce su aspetti rilevanti della funzione del sistema terrestre e sulla sua reazione ai cambiamenti del passato. I risultati sono importanti per valutare le possibili reazioni di tale sistema sugli influssi ambientali provocati dall'uomo.

## INDICATORI

**PAESE/REGIONE:** Groenlandia, Antartide

**NUMEROSI PROGETTI, TRA CUI:**

«European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA)» (progetto europeo per il carotaggio del ghiaccio in Antartide)

**BUDGET:** ca. 35 000 000 EUR

**CONTRIBUTO DELLA SVIZZERA:** 3 300 000 CHF

**DURATA DEL PROGETTO:** 1995–2008

**PARTNER:** Université Libre de Bruxelles (B), Københavns Universitet (DK), LGGE Grenoble/LSCE Saclay/Institut Polaire Paul Emile Victor (F), Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (D), ENEA-Progetto Antartide/Università degli Studi di Milano Bicocca (I), Utrecht Universiteit (NL), Norsk Polarinstutt (N), Stockholm Universitet (S), British Antarctic Survey (UK)



Trivellatrice con carota di ghiaccio di 10 centimetri di diametro della stazione Dome C nell'Antartide. © Jakob Schwander, Università di Berna



### HUBERTUS FISCHER

Professore di fisica climatica e ambientale presso l'Istituto di fisica, Università di Berna, presidente della Commissione svizzera per la ricerca polare e ad alta quota (SKPH) delle Accademie svizzere delle scienze



### THOMAS STOCKER

Professore di fisica climatica e ambientale presso l'Istituto di fisica, Università di Berna, presidente del gruppo di lavoro I del quinto rapporto di accertamento dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)



Un campione di sedimenti marini viene issato a bordo della nave da ricerca francese «Marion Dufresene» a sud delle Isole Kerguelen, nel settore indiano dell'Oceano antartico.

© Alain Mazaud, CEA, Gif-sur-Yvette F

## RICOSTRUIRE LA CIRCOLAZIONE OCEANICA E IL SISTEMA CLIMATICO, COMPRENDERNE MEGLIO L'EVOLUZIONE

Studiando archivi climatici naturali, i ricercatori svizzeri cercano di ricostruire i cambiamenti subiti nello spazio e nel tempo dalle masse d'acqua oceaniche e di analizzarne i molteplici effetti sul clima in scale temporali che vanno da pochi anni ad alcuni milioni di anni. L'obiettivo è comprendere meglio il sistema climatico e la circolazione oceanica, per poterne stimare con maggior precisione l'evoluzione futura.

Le bolle d'aria intrappolate nel ghiaccio antartico mostrano che, negli ultimi 800 000 anni, la concentrazione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) nell'atmosfera durante le ere glaciali è stata inferiore di circa un terzo a quella registrata durante le ere interglaciali (cfr. anche pag. 18). Le variazioni di CO<sub>2</sub>, un gas

a effetto serra, hanno accentuato i cambiamenti climatici tra ere interglaciali e glaciali. L'oceano assorbe più del 90 per cento dell'anidride carbonica presente nell'atmosfera, nella biosfera e nell'acqua. I cambiamenti che si sono registrati nel ciclo marino del carbonio hanno svolto perciò, con tutta probabilità, un ruolo decisivo nel determinare la diversa concentrazione di CO<sub>2</sub> a livello atmosferico e di conseguenza le oscillazioni climatiche dell'ultimo milione di anni.

Durante le ere glaciali alcuni processi specifici hanno provocato una riduzione della quantità di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. I dati indicano in particolare una diminuzione dello scambio di acqua e carbonio tra abissi marini e atmosfera. L'Oceano antartico che circonda l'Antartico svolge un ruolo essenziale nella comunicazione tra questi due serbatoi. La circolazione a livello oceanico porta in superficie le masse d'acqua profonde e lascia scendere in profondità l'acqua fredda che presenta una salinità maggiore e dunque una maggiore densità. In altre parole: l'Oceano antartico è come una grande finestra aperta tra l'atmosfera e l'enorme volume di acqua degli abissi.

I ricercatori svizzeri dell'Università di Berna e del Politecnico federale di Zurigo (PFZ). studiano questa finestra polare (cfr. anche pag. 26) e altri importanti processi climatici come le trasformazioni dell'apporto di principi nutritivi negli ecosistemi marini, la disponibilità di ossigeno nelle profondità dell'oceano e l'effetto retroattivo di questi processi e di altri analoghi sui gas serra presenti nell'atmosfera e sul clima. Per far questo, combinano le informazioni ottenute tramite misurazioni di sedimenti marini e terrestri e simulazioni al computer del sistema climatico.

I sedimenti oceanici mostrano che durante il periodo di passaggio all'era glaciale la quantità di carbonio proveniente dagli ecosistemi più prossimi alla superficie che si è depositata nei sedimenti degli oceani polari (incluso il Pacifico subpolare e i mari vicini) è stata minore. Contemporaneamente è diminuita la concentrazione di CO<sub>2</sub>. Durante le ere glaciali la maggiore superficie marina ghiacciata e i minori cambiamenti nella regione antartica dell'Oceano antartico hanno fatto sì che il CO<sub>2</sub> restasse racchiuso nelle profondità marine. Le condizioni climatiche più asciutte e con una concentrazione più elevata di polveri sulla Terra hanno nel contempo spinto una quantità maggiore di ferro, necessario per la trasformazione del carbonio in fitoplancton, nell'oceano a nord del Fronte polare antartico. La combinazione di questi due fenomeni ha avuto come effetto una riduzione del carbonio presente nell'atmosfera e un clima freddo e secco per il pianeta.

Che cosa sia accaduto nella fase di passaggio alle ere interglaciali è meno certo. I risultati delle ricerche effettuate finora mostrano che una maggiore quantità di sostanze nutritive provenienti dagli abissi dell'Oceano antartico ha raggiunto la superficie verso la fine dell'era glaciale. Contemporaneamente è cresciuta in maniera rapida la concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera. Una spiegazione di questo fatto può essere lo spostamento dei venti occidentali, prima dominanti, verso sud nel momento in cui l'emisfero meridionale ha cominciato a scaldarsi. Il cambiamento della direzione dei venti in direzione del Polo Sud potrebbe anche spiegare perché una quantità maggiore di nutrienti e di carbonio provenienti dalle profondità marine è giunto alla superficie. I modelli climatici mostrano tuttavia che questi elementi permettono di spiegare solo una parte trascurabile dell'aumento di CO<sub>2</sub> alla fine dell'era glaciale. È più probabile che un ruolo importante nel trasporto di CO<sub>2</sub> dall'oceano all'atmosfera lo abbia svolto un cambiamento nei processi di circolazione nelle profondità dell'oceano ai margini della regione antartica, connesso verosimilmente al ritirarsi del ghiaccio marino.

## INDICATORI

**PAESE/REGIONE:** Antartide

**NUMEROSI PROGETTI, TRA CUI:**

Fondo nazionale per la ricerca scientifica (FNS)

«SeaO2 – Past changes in Southern Ocean overturning circulation – implications for the partitioning of carbon and oxygen between the ocean and the atmosphere» (cambiamenti della circolazione oceanica nell'Oceano meridionale – conseguenze sulla ripartizione di ghiaccio e ossigeno tra oceano e atmosfera)

«MICLIM – High resolution reconstructions of climate variability in the sub-Antarctic during the last two millennia» (ricostruzione ad alta risoluzione delle variazioni del clima nella regione sub-antartica negli ultimi due milioni di anni)

**BUDGET:** ca. 2 000 000 CHF

**CONTRIBUTO SVIZZERO:** ca. 2 000 000 CHF

**DURATA DEL PROGETTO:** 2012–2016

**PARTNER:** Princeton University (USA), McGill University (CA), British Antarctic Survey (UK), LSCE Paris (F), Università di Gand (B)

Anche i sedimenti sul fondo del mare intorno a isole remote nell'Oceano meridionale antartico costituiscono uno straordinario archivio che dà informazioni importanti sui venti e permette di seguire lo spostamento del sistema dei venti occidentali e di limitarne la portata a livello geografico. I cambiamenti a livello di salinità, le cui tracce possono essere individuate anche nelle diatomee presenti nell'acqua dolce, offrono a loro volta numerosi indizi per capire come sono cambiate la forza e la direzione dei venti durante il processo di riscaldamento.

### SAMUEL JACCARD

Professore presso il Centro Oeschger per la ricerca sul clima e l'Istituto di geologia, Università di Berna

### NICOLAS GRUBER

Professore di fisica ambientale presso l'Istituto di biochimica e dinamica degli inquinanti, PF Zurigo

### KRYSZYNA SAUNDERS

Dottore di ricerca presso il Centro Oeschger per la ricerca sul clima e l'Istituto geografico, Università di Berna

### FORTUNAT JOOS

Professore presso il Centro Oeschger per la ricerca sul clima e l'Istituto geografico, Università di Berna



La stazione di ricerca uruguaiana «Artigas» sull'Isola di re Giorgio con partecipazione svizzera alla spedizione a gennaio 2014.  
© Christian Schlüchter

## LA STORIA DELLA CALOTTA ANTARTICA È IMPORTANTE PER IL FUTURO

L'Antartide è un laboratorio naturale unico per fare ricerca sui processi geologici alle alte latitudini. Poiché le sue dimensioni e il suo movimento dipendono dal livello del mare, dalla circolazione degli oceani e dal clima globale, la gigantesca calotta antartica è un archivio di dati sul cambiamento climatico degli ultimi dieci milioni di anni, con un'enorme quantità di informazioni sulle ere glaciali e sui periodi interglaciali. La compilazione di una cronologia delle ere glaciali è un contributo fondamentale della ricerca antartica alla comprensione dell'evoluzione climatica mondiale.

Se si vuole capire la calotta di ghiaccio antartica, sono però necessarie carte geografiche: la base della cartografia è rappresentata, da un lato, da riprese aeree e, dall'altro, da dettagliate e approfondite analisi della composizione del terreno nelle

regioni prive di ghiaccio, le cosiddette oasi antartiche. Queste aree comprendono, per esempio, le valli secche dell'Antartide orientale (Terra della regina Victoria), un tempo coperte da ghiacciai e oggi senza neve e ghiaccio perché praticamente non raggiunte da precipitazioni; la penisola antartica che si estende oltre il circolo polare, e che sorge di fronte al Sud America; oppure i Monti Transantartici, che attraversano l'intero continente e le cui cime sono parzialmente prive di neve. In queste regioni cruciali sono state cartografate le morene e il sistema dei ghiacciai alpini nell'Antartide.

All'Istituto di geologia dell'Università di Berna si cerca di risalire allo spessore massimo, in un orizzonte temporale di milioni di anni, dei ghiacci, per esempio nei Monti Transantartici, in collaborazione con istituti per la ricerca polare in Italia, Nuova Zelanda, Stati Uniti e Uruguay. A questo scopo, si valutano e si registrano le cosiddette linee di assetto (trimlines), demarcazioni da cui è possibile rilevare l'altezza massima del ghiaccio durante una glaciazione poiché i ghiacciai hanno lasciato tali marcature su entrambi i versanti di una valle. Le linee di assetto sono ben visibili poiché lo stato e il colore

superficiale della roccia sopra e sotto queste soglie sono diversi. Le carte così tracciate mostrano i cambiamenti della massa di ghiaccio nell'Antartide nell'arco di milioni di anni.

Per capire l'origine e la storia della calotta antartica è però necessaria anche una datazione quantitativa dell'età. Le ricerche sul campo vengono pertanto integrate da cosiddette datazioni dell'età di esposizione delle superfici, per determinare l'età dei precedenti spostamenti dei ghiacciai. Grazie a questo metodo, è possibile stabilire per quanto tempo una superficie rocciosa è stata esposta alle radiazioni cosmiche dopo che il ghiacciaio si è ritirato, liberando la roccia sottostante.

Per farlo, si determina la concentrazione nelle rocce superficiali di nuclidi cosmogenici radioattivi, che si producono dall'interazione nucleare delle radiazioni cosmiche con il materiale litico. Queste particelle dispongono di un'energia così grande che possono penetrare nei primi due metri dello strato più superficiale di roccia sulla crosta terrestre, creando così nuovi elementi e altri tipi di atomi (isotopi) altrimenti pressoché assenti nella pietra. Più è vecchia la superficie, cioè più è datata la sua esposizione alla radiazione cosmica, maggiore è la concentrazione nella roccia di nuclidi cosmogenici.

I nuclidi cosmogenici nei campioni di roccia antartica vengono analizzati nel laboratorio di spettrometria di massa con acceleratore e nel laboratorio dei gas nobili dell'Istituto di geochimica e petrologia del Politecnico federale di Zurigo (PFZ), in stretta collaborazione con l'Istituto di geologia dell'Università di Berna e altre ricercatrici e ricercatori svizzeri e internazionali. La ricerca ha permesso di stabilire che alcune zone nelle aree senza ghiaccio dell'Antartide risalgono a oltre dieci milioni di anni fa e che il paesaggio morenico si è formato a seguito di successive avanzate di ghiacciai freddi (ghiacciai con una temperatura del ghiaccio inferiore al punto di congelamento). La datazione dell'esposizione superficiale attraverso i nuclidi radioattivi è la procedura chiave, nonché l'unica, per capire lo sviluppo della calotta antartica nel corso degli ultimi milioni di anni. Tutti gli altri metodi non coprono infatti che archi temporali più ridotti.

## INDICATORI

**PAESE/REGIONE:** Antartide

**NUMEROSI PROGETTI, TRA CUI:**

Fondo nazionale per la ricerca scientifica (FNS)

«Glacial chronologies in high and mid latitudes: geological field and cosmogenic multi nuclide analysis» (cronologie glaciali alle latitudini medie ed elevate: analisi geologiche e cosmogeniche dei nuclidi)

**BUDGET:** ca. 450 000 CHF

**CONTRIBUTO SVIZZERO:** ca. 300 000 CHF

**INIZIO DEL PROGETTO:** 2008

**PARTNER:** Columbia University, New York (USA), University of Maine, Orono (USA), Università di Pisa, Dipartimento di Scienza della Terra, Pisa (I), Instituto Antartico Uruguayo, Montevideo UY



© Giulia Marthaler

### RAINER WIELER

Professore di geochimica degli isotopi, PF Zurigo



### SUSAN IVY-OCHS

Dott.ssa di fisica delle particelle/  
nucleare, PF Zurigo



### CHRISTIAN SCHLÜCHTER

Professore, Istituto di geologia e Centro Oeschger  
per la ricerca climatica, Università di Berna



Legname galleggiante alluvionale in Islanda.

© Willy Tegel, Università di Friburgo D

## LEGNAME GALLEGGIANTE ARTICO: UN ARCHIVIO DEI CAMBIAMENTI DEL CLIMA E DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI

Gli anelli che gli alberi formano ogni anno crescendo costituiscono uno straordinario archivio ambientale, poiché conservano informazioni sulle condizioni di crescita nei vari periodi vegetativi. L'analisi degli anelli di accrescimento in zone del mondo in cui vigono condizioni climatiche estreme permette di ricostruire qual era il clima nelle epoche passate. Poiché gli anelli permettono inoltre di effettuare una datazione precisa del legno, è possibile stabilire l'anno esatto a cui è riconducibile il legname galleggiante, il legno morto, quello proveniente da piante ormai estinte, da edifici storici, dipinti o scavi archeologici. Per effettuare questa operazione si confrontano campioni già datati e campioni di riferimento (o serie cronologiche) con il legno che si vuole datare.

Il legname galleggiante artico proviene dalle foreste siberiane e nordamericane: i fiumi trascinano il legno fino al Mar glaciale artico dove le correnti lo trasportano ulteriormente, racchiuso nel ghiaccio, finché non approda sulle coste libere dai ghiacci delle isole artiche (ad esempio Groenlandia, Spitsbergen o Islanda). Questo legno racchiude eccezionali informazioni sull'ecosistema terrestre e marino. In certi casi non solo è possibile determinare l'età e la provenienza del legname galleggiante, ma anche ricostruire i cambiamenti subiti dalle correnti nel Mar glaciale artico e l'estensione del ghiaccio.

Il gruppo di ricerca in dendroecologia dell'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) di Birmensdorf studia questo tipo di legname. Le analisi relative alla struttura e al tempo di crescita (anatomia del legno e metodi dendrocronologici) mostrano che il legname galleggiante è costituito soprattutto da pini (39 %), larici (26 %) e abeti rossi (18 %), predominanti nelle foreste delle regioni boreali, l'area più a nord dell'emisfero settentrionale in cui si trovano specie vegetali. I pini possono essere classificati



come pini silvestri (*Pinus sylvestris*) e dunque essere ricondotti in maniera indubitabile al continente euroasiatico. Nel 90 per cento dei casi provengono dal bacino idrografico del fiume Enisej nella Siberia centrale, dove domina la pineta. È quanto è emerso dalla misurazione dell'ampiezza degli anelli e dal confronto con le curve di accrescimento dello stesso tipo di alberi in quella zona (cronologia di riferimento). Il bacino idrografico dello Enisej, uno dei fiumi più lunghi del mondo, è stato il centro dell'industria del legno siberiana (i tronchi venivano trasportati per fluitazione); dagli anni 1920 alla metà degli anni 1970, in questa regione è stata abbattuta una quantità notevole di alberi.

In base alle ricerche fatte, più della metà dei pini giunti fino al mare è stata abbattuta perché i tronchi trovati sulle spiagge non hanno le caratteristiche di alberi caduti naturalmente, contrariamente a questi ultimi sono privi di radici e presentano tagli netti. Il legno di pino galleggiante può essere considerato materiale dell'industria del legno siberiana che cominciò a svilupparsi già durante il diciannovesimo secolo. Con l'industrializzazione, aumentò il fabbisogno e quindi crebbero anche le esigenze di trasporto, anche legate all'esportazione. Il metodo più comune era appunto quello della fluitazione sui grandi fiumi e, inizialmente, quasi il 50 per cento dei tronchi andava perduto. Alla fine degli anni 1970, le perdite erano scese all'1 per cento, ma dalla metà del decennio successivo questo sistema di trasporto è stato pressoché abbandonato.

Le ricerche sul legname galleggiante condotte presso il WSL si propongono, sul lungo periodo, tre obiettivi diversi. In primo luogo, la creazione della più grande banca dati a livello mondiale di campioni di legname galleggiante artico, comprese informazioni sulle specie legnose in base alla caratterizzazione anatomica del legno (struttura e accrescimento). La banca dati dovrà essere disponibile online per i ricercatori di tutto il mondo e completare l'«International Tree-Ring Data Base (ITRDB)».

Secondariamente, i campioni dovranno essere datati con precisione e la loro origine determinata sulla base di analisi comparative statistiche effettuate attraverso serie cronologiche di anelli di accrescimento degli alberi delle foreste boreali eurasiatiche e nordamericane.

Infine, si punta a ricostruire le oscillazioni di lungo periodo delle correnti oceaniche e dell'estensione della banchisa, studiando la diversa struttura dei campioni di legno galleggiante a seconda dello spazio e del tempo.

## INDICATORI

**PAESE/REGIONE:** Artide, Groenlandia, Siberia

**NOME DEL PROGETTO:** Legname galleggiante artico

**BUDGET:** 300 000 CHF

**CONTRIBUTO SVIZZERO:** 200 000 CHF

**DURATA DEL PROGETTO:** 2012–2015

**PARTNER:** Institut für Forstwissenschaften, Universität Freiburg im Breisgau (D), V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnojarsk (RU), Iceland Forest Service, Reykjavik (IS), Johannes Gutenberg Universität, Mainz (D), Institute of Plant and Animal Ecology UD RAS, Jekaterinburg (RU), North-Eastern Federal University, Jakutsk (RU), Stolby National Wildlife Nature Reserve, Krasnojarsk (RU), Siberian Federal University, Krasnojarsk (RU), Department of Plant Pathology, University of Minnesota, St. Paul (USA)



Campionamento di legname galleggiante con la motosega nella Groenlandia orientale.  
© Willy Tegel, Università di Friburgo D

Una migliore comprensione dei processi che hanno avuto luogo nel passato contribuisce a migliorare le nostre possibilità di stimare come reagirà in futuro alle condizioni climatiche in mutamento un ecosistema così sensibile come quello artico.

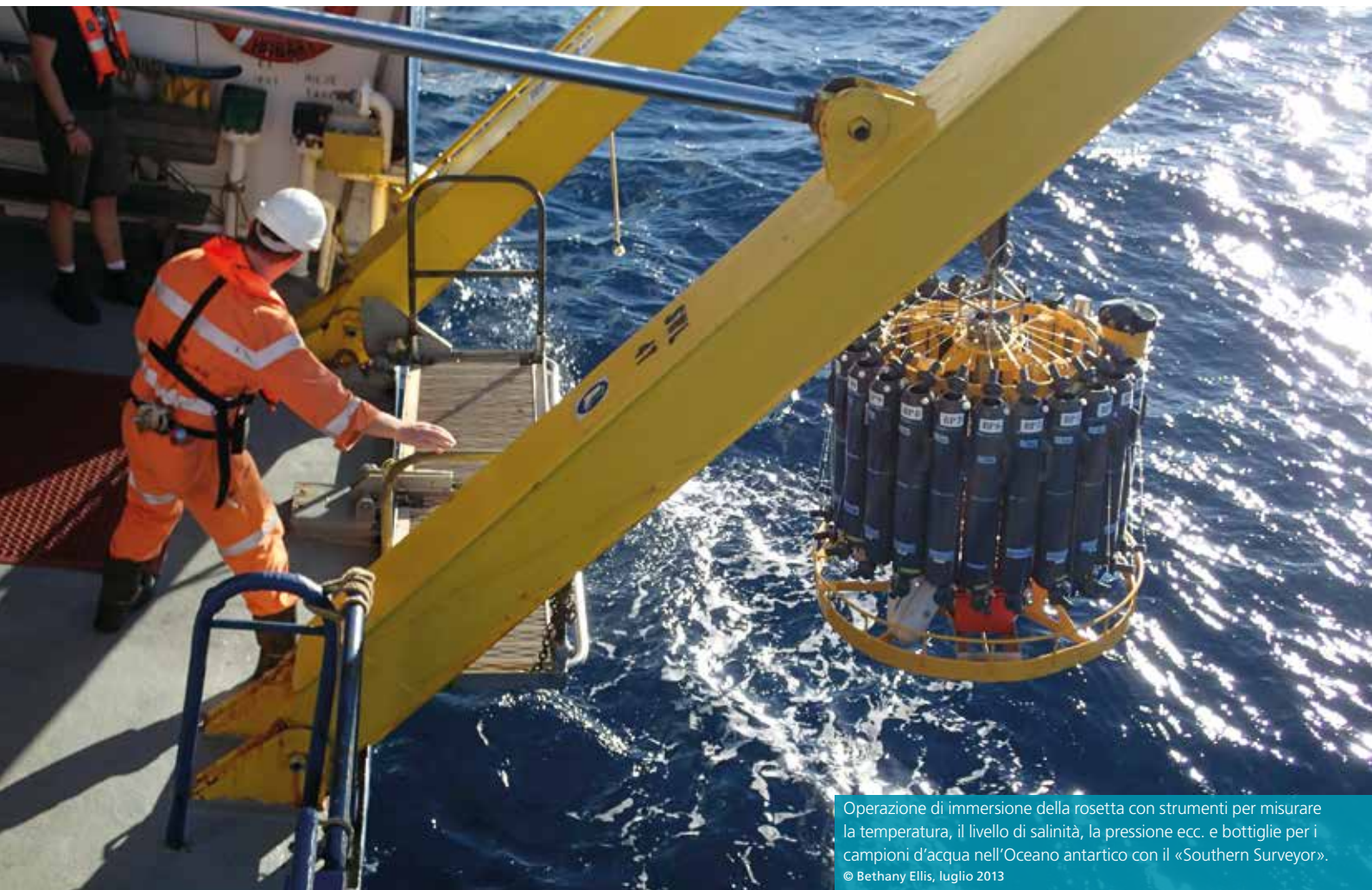


### LENA HELLMANN

Dottoranda, gruppo di ricerca in Dendroecologia del WSL, Birmensdorf

### ULF BÜNTGEN

PD Dott., capo del gruppo di ricerca in Dendroecologia del WSL, Birmensdorf



Operazione di immersione della rosetta con strumenti per misurare la temperatura, il livello di salinità, la pressione ecc. e bottiglie per i campioni d'acqua nell'Oceano antartico con il «Southern Surveyor».  
© Bethany Ellis, luglio 2013

## LA «FINESTRA POLARE» AL CENTRO DELL'ATTENZIONE

Nonostante la loro dimensione, gli oceani polari e, in particolare, le acque dell'Oceano antartico, svolgono un ruolo fondamentale nel controllo del ciclo globale del carbonio e delle sostanze nutritive, nella diffusione del calore e nella produzione biologica primaria (produzione di biomassa da parte di piante, alghe o batteri con l'aiuto di luce ed energia chimica). Gli oceani polari saranno probabilmente anche quelli più interessati dai cambiamenti climatici e dall'acidificazione.

Essi rappresentano inoltre un'importante «finestra» sulle profondità oceaniche: solo in queste regioni, infatti, può avvenire uno scambio tra le calde acque di superficie, dove vengono consumati carbonio ed elementi nutritivi, e le fredde acque di profondità, dove gran parte di tali sostanze è invece immagazzinata. Grazie a questa «finestra polare» non solo è possibile spiegare le differenti concentrazioni di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) nell'atmosfera durante le

ere glaciali e interglaciali, ma anche come l'emissione di  $\text{CO}_2$  (di origine antropica) e il calore in eccesso finiscano nell'oceano.

Questa «finestra» è anche al centro della ricerca svizzera che si occupa dei cicli del carbonio e di altri importanti elementi, ovvero della biogeochimica. I risultati ottenuti dai ricercatori svizzeri, in particolare presso il Politecnico federale di Zurigo (PFZ) e l'Università di Berna, hanno fornito un'importante contributo per una migliore comprensione di questo fenomeno. Grazie a osservazioni e modelli realizzati al computer, è stato inoltre possibile determinare il modo in cui gli oceani polari assorbono  $\text{CO}_2$  e calore oppure come la biologia marina può influenzare la «finestra polare» nell'Oceano antartico.

Gli scienziati hanno sviluppato modelli computerizzati ad alta risoluzione per simulare il ruolo del vento, dei vortici marini e delle variazioni del bilancio idrico sulla produzione biologica primaria degli oceani e i loro effetti sul bilancio netto di  $\text{CO}_2$  tra atmosfera e oceani. I modelli al computer e le osservazioni sono stati usati anche per determinare la

passata e l'attuale acidificazione degli oceani e per prevedere scenari futuri. I ricercatori cercano inoltre di stabilire quante emissioni di CO<sub>2</sub> la Terra riuscirà a sopportare ancora senza che gli oceani polari subiscano un'eccessiva acidificazione, ma raggiungendo comunque gli obiettivi climatici prefissati.

I più recenti dati sul contenuto di carbonio nell'oceano permettono di eseguire stime sull'assorbimento e l'immagazzinamento di CO<sub>2</sub> antropica negli oceani polari. Dai risultati emerge che l'Oceano antartico, a sud del 30 parallelo, è responsabile dell'assorbimento di quasi la metà dell'anidride carbonica, sebbene questa regione non rappresenta che il 30 per cento dell'intera superficie marina. Negli ultimi dieci anni, l'assorbimento di CO<sub>2</sub> sembra essere aumentato in maniera maggiore di quanto ci si potesse aspettare sulla base dell'incremento dell'anidride carbonica atmosferica.

Questo fenomeno potrebbe essere dovuto al fatto che i forti venti da ovest si sono spostati verso regioni meridionali, determinando un incremento della circolazione delle correnti nell'Oceano antartico. Il crescente numero di misurazioni di CO<sub>2</sub> sulla superficie del mare permette anche di mettere in relazione i cambiamenti nel contenuto di carbonio nelle profondità oceaniche con gli scambi gassosi di CO<sub>2</sub> tra aria e oceano. Dalle più recenti analisi sembra risultare che l'assorbimento di CO<sub>2</sub> sia aumentato soprattutto dal 2000.

L'incremento dell'assorbimento di CO<sub>2</sub> da parte degli oceani giova al clima, ma provoca anche una diminuzione del pH degli oceani polari e della saturazione di carbonato di calcio (CaCO<sub>3</sub>), fenomeno comunemente chiamato «acidificazione». Le ultime ricerche hanno mostrato che già a breve nell'Artico si rischiano valori inferiori al limite di saturazione (sottosaturazione) per il carbonato di calcio, mentre nell'Oceano antartico non ci vorranno che pochi decenni. L'acidificazione e la conseguente sottosaturazione possono alterare gli equilibri degli organismi marini coinvolti e danneggiare tutto l'ecosistema.

D'altra parte, dalle analisi di osservazioni e dai modelli realizzati al computer, è emerso che i più recenti cambiamenti climatici in Antartide hanno influenzato solo in maniera minima la produzione biologica primaria dell'Oceano antartico. Il persistente scioglimento dei ghiacci artici determina invece lo sviluppo di alghe in aree in cui prima i microorganismi non erano presenti.

## INDICATORI

**PAESE/REGIONE:** Artide, Antartide

**NUMEROSI PROGETTI, TRA CUI:**

Fondo nazionale per la ricerca scientifica (FNS)

SOGate «Phytoplankton ecosystem control of the Southern Ocean biogeochemical gate» (controllo dell'ecosistema del fitoplancton della barriera biogeochimica dell'Oceano antartico)

Progetto Ambizione «Anthropogenic carbon and heat intake by the Southern Ocean» (assorbimento di anidride carbonica antropica e di calore da parte dell'Oceano antartico)

Settimo programma quadro dell'UE per la ricerca 7 PQ:

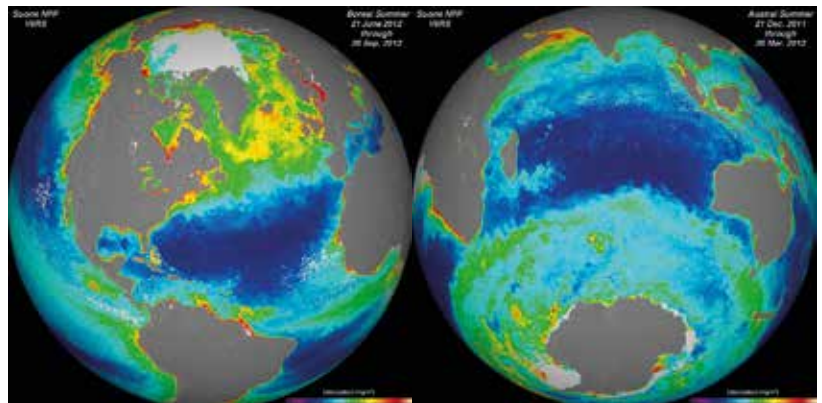
CarboChange, Geocarbon, PAST4FUTURE

**BUDGET:** ca. 500000 CHF/anno

**CONTRIBUTO SVIZZERO:** ca. 300000 CHF/anno

**INIZIO DEL PROGETTO:** 2009

**PARTNER:** Princeton University (USA), Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (D), University of East Anglia (UK), Università di Bergen (N)



Concentrazioni oceaniche di clorofilla

Concentrazioni di clorofilla nella regione artica e antartica nei rispettivi mesi estivi. Le sfumature di blu indicano valori bassi mentre le sfumature di giallo e rosso concentrazioni più elevate. © NASA/Suomi NPP/Norman Kuring

### NICOLAS GRUBER

Professore di fisica ambientale presso l'Istituto di biochimica e dinamica degli inquinanti, PF Zurigo

### THOMAS FRÖLICHER

Dottore di fisica ambientale presso l'Istituto di biochimica e dinamica degli inquinanti, PF Zurigo

### FORTUNAT JOOS

Professore presso il Centro Oeschger per la ricerca climatica dell'Università di Berna

### SAMUEL JACCARD

Professore presso il Centro Oeschger per la ricerca climatica e l'Istituto di geologia dell'Università di Berna



Iceberg tabulari a nord della Penisola Antartica.  
© KEYSTONE/LAIF/Andre Schumacher/laif

## LA BIOLOGIA DELL'OCEANO ANTARTICO: COMPRENDERE LA VARIETÀ DELLE SPECIE E L'ECOSISTEMA

Quando si parla di varietà delle specie che vivono al Polo Sud si pensa di solito ai pinguini e alle foche. Pochi sanno però che il vero tesoro è costituito da microscopici esseri che vivono nell'acqua e solitamente non sono percepibili dall'occhio umano. Questi microrganismi, essenziali per il clima, la biodiversità e la ricostruzione della storia del clima, sono diventati il principale oggetto di studio di alcuni ricercatori dell'Università di Ginevra.

Un progetto si concentra sul fitoplancton, microscopiche alghe che fluttuano nell'acqua. Sono proprio queste alghe che fanno sì che una considerevole parte dell'anidride carbonica prodotta sulla Terra venga assorbita dalla superficie del mare e venga trasportata nelle profondità oceaniche. Il fitoplancton trasfor-

ma il carbonio in sostanze organiche ed è fondamentale per il buon funzionamento di ogni ecosistema perché si trova alla base della catena alimentare.

Nell'Oceano antartico svolge però un ruolo estremamente importante. Per trasformare il carbonio e per crescere, il fitoplancton ha bisogno di ferro, elemento di cui l'oceano e l'Antartide però presentano quantità limitate. Ricerche sul campo e analisi in laboratorio stanno studiando questi processi di trasformazione e in particolare l'interazione tra la presenza di ferro e il fitoplancton. Per ottenere un quadro esauriente degli effetti della «carenza di ferro», vengono analizzati anche altri microrganismi che dipendono dal ferro. Le osservazioni si concentrano anche sulle importanti interazioni tra i batteri e lo zooplancton, fonte primaria di cibo per i pesci e altre specie marine. La ricerca presso l'Università di Ginevra si sta soffermando sul ruolo svolto dallo zucchero (polisaccaridi) e dalle sostanze organiche espulse dagli organismi quando è disponibile ferro per legare il carbonio.

Questi studi permettono di ottenere informazioni sul rapporto tra il ciclo del ferro e quello del carbo-

nio sulla superficie del mare, compreso il loro effetto sulla presenza di fitoplancton, sulla varietà delle specie e sulla fissazione del gas serra CO<sub>2</sub> da parte di microrganismi. I risultati degli scienziati, che permettono di comprendere meglio l'ecosistema dell'Oceano antartico e stimare più correttamente il modo in cui reagisce ai cambiamenti climatici, sono di grande importanza anche per vari programmi, network e gruppi di lavoro internazionali; servono inoltre per la modellizzazione dell'ecosistema dell'Oceano antartico e per seguirne l'evoluzione. Questo aspetto è fondamentale proprio perché i modelli costituiscono l'unica possibilità di effettuare previsioni per il futuro.

Un secondo campo di ricerca presso l'Università di Ginevra si concentra sui foraminiferi, microscopici esseri unicellulari ricoperti da un guscio mineralizzato. I ricercatori hanno sviluppato metodi genetici per determinare i foraminiferi e suddividerli in varie categorie. In questo modo sono stati determinati numerosi nuovi generi e sottospecie. È stato possibile classificare centinaia di specie di foraminiferi antartici, ordinandoli secondo criteri unitari in classi e sottoclassi. In compartecipazione con la Svizzera, il Comitato scientifico per la ricerca in Antartide (Scientific Committee on Antarctic Research, SCAR), ha pubblicato i risultati nell'Atlante biogeografico dell'Oceano antartico (Biogeographic Atlas of Southern Ocean), che illustra l'attuale diffusione, l'evoluzione geologica e i rapporti ambientali di micro- e macrorganismi nel subcontinente antartico.

Le ricerche sui foraminiferi studiano inoltre l'influsso del turismo sull'ecosistema dell'Antartide. Gli scienziati svizzeri partecipano all'osservazione internazionale delle coste antartiche, visitate ogni anno da centinaia di navi da turismo. Gli studi, che analizzano gli spostamenti migratori dei foraminiferi nella regione tra la Patagonia meridionale e la penisola antartica, mostrano che nell'Antartide predominano soprattutto specie indigene che differiscono geneticamente dai loro omologhi sudamericani. Sono però state scoperte anche specie identiche sotto il profilo genetico, ma s'ignora ancora se siano state trasportate dalle navi oppure se siano giunte in Antartide in modo naturale.

## INDICATORI

**PAESE/REGIONE:** Antartide/Oceano antartico

**NOME DEL PROGETTO:** «Novel technologies to reveal the impacts of nutrients limitation in aquatic systems: from biodiversity to biogeochemical cycles» (nuove tecnologie che permettono di rilevare gli impatti dei limiti di sostanze nutritive nei sistemi acquatici: dalla biodiversità ai cicli biogeochimici) e

«Molecular diversity and evolution of Antarctic foraminifera» (differenza molecolare ed evoluzione dei foraminiferi antartici)

**BUDGET:** 1 600 000 CHF e ca. 5 000 000 USD

**CONTRIBUTO SVIZZERO:** 1 600 000 CHF e ca. 500 000 CHF

**FINANZIAMENTO:** Fondo nazionale per la ricerca scientifica (FNS)

**DURATA DEL PROGETTO:** 2012–2016 e 1998–2015

**PARTNER:** US Antarctic Program (USA), Polish Academy of Science (PL), British Antarctic Survey (UK), Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (D)



Foraminiferi delle acque superficiali antartiche (Globocassidulina sp) dal Canale McMurdo.  
© Jan Pawlowski



### CHRISTEL S. HASSLER

Professoressa borsista del Fondo nazionale per la ricerca scientifica (FNS), direttrice del gruppo di lavoro Ecosistemi dei mari e dei laghi, Istituto F.-A. Forel dell'Università di Ginevra



### JAN PAWLOWSKI

Professore straordinario, Dipartimento di genetica ed evoluzione dell'Università di Ginevra



Sito sperimentale ITEX svizzero nella Val Bercla, Mulegns, Grigioni  
© Christian Rixen

## LA SVIZZERA PARTECIPA ALL'ESPERIMENTO INTERNAZIONALE TUNDRA (ITEX)

L'esperimento internazionale Tundra (International Tundra Experiment ITEX) è una rete scientifica di esperimenti effettuati da gruppi di ricercatori che studiano, in oltre 40 siti sparsi per il globo, gli effetti dei cambiamenti climatici su una selezione di piante nelle regioni subpolari, nella tundra e nelle aree alpine. Da anni, stanno influenzando la crescita delle piante attraverso sperimentazioni comparabili per vedere come le piante reagiscono al cambiamento delle condizioni climatiche e come quest'ultimo influisce sul loro sviluppo.

A tal fine, gli scienziati combinano gli esperimenti a breve e a lungo termine con le osservazioni in situ, un metodo semplice per comprendere come un ecosistema reagisca a questi cambiamenti e in che

misura sia vulnerabile. Gli studi a lungo termine si concentrano in particolare sugli effetti dell'aumento della temperatura su singole specie di piante in un'area geografica quanto più vasta possibile, con un equipaggiamento tecnico ridotto all'essenziale.

L'eshaustività dei singoli esperimenti in loco dipende dall'interesse esistente e dai mezzi disponibili. In ogni sito ITEX gli scienziati svolgono comunque, in varie forme, ricerche che concernono il riscaldamento. Molti di loro utilizzano, per esempio, serre a cielo aperto per incrementare artificialmente la temperatura attorno alle piante, il cui sviluppo è influenzato dall'aumento passivo del calore. Le temperature più elevate possono ripercuotersi, tra l'altro, sulla crescita, sull'inizio della fioritura, sullo spiegamento delle foglie o sulla loro pigmentazione.

Mediante un preciso protocollo, si indica quali dati provengono da osservazioni in situ e secondo quali procedure standard sono stati raccolti. All'interno del network ITEX, i dati possono essere raggruppati e analizzati in modo diversificato: è possibile per esempio raffrontare gli habitat naturali oppure soffermarsi sullo sviluppo nel corso degli anni.

Dai risultati degli esperimenti in superfici di controllo emerge che, in tutti i siti, il tasso di crescita e la molteplicità delle forme di crescita corrispondono in grande misura alle aspettative legate ai test sull'aumento di temperatura. I raffronti tra i vari esperimenti in loco mostrano che gli arbusti, in particolare quelli decidui, sono aumentati soprattutto in quelle aree dove il clima si riscaldava rapidamente, tuttavia solo in quelle in cui venivano già raggiunte temperature abbastanza alte. Nelle regioni più fredde, per contro, non è stata riscontrata quasi alcuna reazione della vegetazione al riscaldamento.

La Svizzera partecipa all'analisi dei dati a livello mondiale e gestisce un proprio sito sul territorio nazionale. Invia inoltre ricercatori nei siti ITEX dislocati in altri Paesi, per esempio sul fiordo Alexandra nell'Artide canadese. Il sito sperimentale ITEX svizzero si trova nei Grigioni, a Mulegns in Val Bercla, nella zona della Val Sursette (Oberhalbstein), tra Tiefencastel e il Passo dello Julier. È stato inaugurato nel 1994 e dal 2009 viene gestito dall'Istituto per lo studio della neve e delle valanghe (SLF) dell'Istituto federale di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio (WSL) di Davos.

La vegetazione osservata è costituita da piante pulvinate, salici nani, erbe e carici alpini e la temperatura ambiente viene incrementata attraverso serre a cielo aperto passive. Per studiare gli effetti del riscaldamento sul mondo vegetale, l'SLF raffronta lo sviluppo delle piante «riscaldate» con quello della «natura incontaminata» nello stesso sito. L'SLF intende portare avanti l'esperimento ITEX poiché è prevedibile che i cambiamenti ambientali continueranno a influenzare lo sviluppo della vegetazione alpina anche nei prossimi anni.

## INDICATORI

**PAESE/REGIONE:** Artide, Svizzera

**NOME DEL PROGETTO:** Esperimento Tundra svizzero (Schweizer Tundra-Experiment)

**INIZIO DEL PROGETTO:** 1994

**PARTNER:** Università e istituti di vari Paesi, in particolare Australia, Danimarca, Germania, Finlandia, Islanda, Giappone, Canada, Paesi Bassi, Norvegia, Russia, Svezia, Stati Uniti e Gran Bretagna



Sito sperimentale ITEX sul fiordo Alexandra nell'Artide canadese. © Anne Bjorkman



### CHRISTIAN RIXEN

Dott., WSL Istituto per lo studio della neve e delle valanghe (SLF)



# ANTARTIDE

Dati compilati da: DFAE, SES, CGC-Geoservizi

Osservazioni generali: I confini e i nomi illustrati e le designazioni usate su questa mappa non implicano l'appoggio o l'accettazione ufficiale da parte





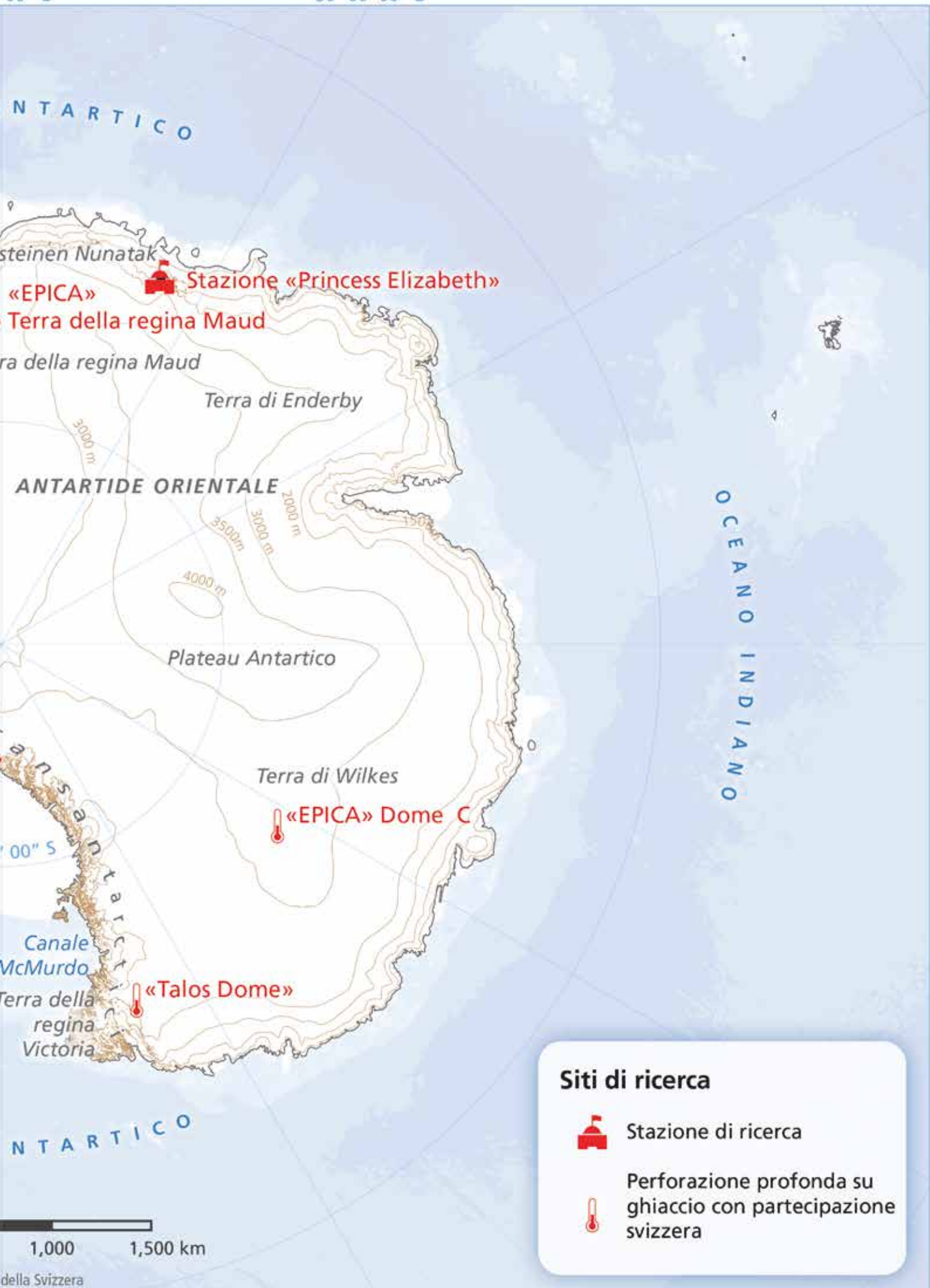
00° E

30° 00' 00" E

60° 00' 00" E

90° 00' 00" E

120° 00' 00" E



### Siti di ricerca



Stazione di ricerca



Perforazione profonda su ghiaccio con partecipazione svizzera

0° 00' E

150° 00' 00" E

## COLOPHON

Editore:

Dipartimento federale degli affari esteri DFAE

**Direzione politica DP**

3003 Berna

[www.dfae.admin.ch](http://www.dfae.admin.ch)

Impaginazione:

Comunicazione visuale DFAE, Berna

Illustrazione di copertina:

«Swiss Camp» sulla calotta glaciale della Groenlandia © Konrad Steffen

Pinguini imperatore dell'Antartide © KEYSTONE/CHROMORANGE/Peter Kirschner

Carte geografiche:

Indicazione delle fonti: Natural Earth, ESRI, CGIAR Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI)

Copyright: 2014 Natural Earth

Ordinazioni:

Informazione DFAE

Tel.: +41 (0)58 462 31 53

E-mail: [publikationen@eda.admin.ch](mailto:publikationen@eda.admin.ch)

Contatto:

Divisione Politiche estere settoriali

Tel.: +41 (0)58 465 14 26

E-mail: [pd-asa@eda.admin.ch](mailto:pd-asa@eda.admin.ch)

L'opuscolo è stato prodotto in stretta collaborazione con la Commissione svizzera per la ricerca polare e ad alta quota (SKPH) delle Accademie svizzere delle scienze.

Questa pubblicazione è disponibile anche in tedesco, francese e inglese. Altri esemplari possono essere scaricati presso [www.dfae.admin.ch/publicazioni](http://www.dfae.admin.ch/publicazioni).

Berna, 2015



